

移动通信系统中下行链路 多信道分组联合调度的方法和装置

技术领域

本发明涉及移动通信系统中下行链路分组调度的有关技术，特别涉及 UMTS（通用移动通信系统）下行链路中，用于分组业务的专用类型传输信道联合最优分组调度的方法和装置。

技术背景

UMTS（通用移动通信系统）系统是无线技术采用 WCDMA（宽带码分多址）的第三代移动通信系统。在图 1 所示的 UMTS 无线接入网（UTRAN）系统结构中，无线网络控制器（RNC）通过 Iu 接口与核心网相连，RNC 之间则通过 Iur 接口相连，一个 RNC 则与一个或多个节点 B（Node B）通过 Iub 接口相连。一个 Node B 包含一个或多个小区，小区是用户设备（UE）（图中未示出）无线接入的基本单元，其中 UE 与 UTRAN 之间的无线接口为 Uu 接口（图中未示出）。

在 UMTS 的标准化组织 3GPP（第三代合作项目）的协议文献中，与 UMTS 无线接口协议相关主要有 TS25.2XX 与 TS25.3XX 等系列规范。在图 2 所示的 UMTS 无线接口协议结构中，位于底层的是物理（PHY）层，在控制平面，物理层之上分别是媒体接入控制（MAC）层、无线链路控制（RLC）层和无线资源控制（RRC）层，在用户平面，无线接口协议由物理层、MAC 层、RLC 层和分组数据汇聚协议（PDCP）层构成，其中 PDCP 层仅用于分组交换（PS）域。物理层提供的信道为物理信道，MAC 层与 RLC 层之间的信道为逻辑信道，MAC 层与物理层之间的信道为传输信道。

在 R99 版本 UMTS 无线接入网 (UTRAN) 中, 控制类型逻辑信道有 BCCH (广播控制信道)、PCCH (寻呼控制信道)、DCCH (专用控制信道)、CCCH (公共控制信道) 等, 业务类型逻辑信道有 DTCH (专用业务信道)、CTCH (公共业务信道) 等。上行链路传输信道包括 RACH (随机接入信道)、CPCH (公共分组信道)、DCH (专用信道) 等, 下行链路传输信道包括 BCH (广播信道)、PCH (寻呼信道)、FACH (前向接入信道)、DSCH (下行共享信道) 及 DCH 等。MAC 层的一个主要功能是将逻辑信道映射为传输信道, 图 3 给出了下行链路逻辑信道与传输信道的映射关系。

根据 3GPP 的规范 3GPP TS 25.212、3GPP TS 25.302 等文献, 每个传输信道伴随的传输格式指示 (TFI) 对应了该传输信道传输格式集 (TFS) 中的一种传输格式。在每个传输时间间隔 (TTI), 如图 4 所示, 上层按一定的传输格式组合 (TFC) 将各个传输信道的传输块 (TB) 传送到物理层, 物理层将这些来自不同传输信道的 TFI 信息合并为传输格式组合指示 (TFCI), 并在编码后在物理信道的 TFCI 字段上传输, 接收端则通过解码该 TFCI 字段, 从而能够正确接收各个传输信道。

在 UMTS 中, 影响下行链路容量和覆盖等性能的主要原因是下行功率受限。一个小区下行链路总的最大发射功率是由基站功率放大器的额定输出功率确定的, 该功率一般可以划分为固定的静态功率、不可调度功率和可调度功率等部分, 如图 5 所示。其中, 固定的静态功率用于小区公共导频、同步、寻呼等下行公共控制信道, 该部分功率是由小区配置等参数决定的; 不可调度功率是会话类型和流类型等实时业务占用的功率, 这类业务即使允许选择一定的速率但速率本身仍要求是恒定的, 因此该部分功率是不可调度的; 可调度功率部分主要用于交互或背景类型非实

时 (NRT) 分组业务, 这类业务允许速率动态变化, 因此, 其占用的功率是可调度的。

当使用 DCH 传输交互或背景类型 NRT 分组数据时, 多个不同用户承载分组业务的 DCH 的总功率构成了上述不可调度功率, 但在 UTRAN 侧下行方向, 对每一个 UE, 均有一个 DCH 的功能实体 MAC-d 与之相对应, 而不同 UE 的 MAC-d 实体之间是相互独立的。因此, 每个小区须采用一个总调度单元, 对该小区中所有的用于 NRT 分组数据传输的 DCH 进行联合分组调度。但是, 现有的 UMTS 中下行链路分组调度的技术主要是针对公共或共享类型信道如 FACH/DSCH 等提出的, 公共或共享类型信道的调度基本上可以归结为多个输入数据流共享一个带宽资源有限的输出信道的问题。实际上, 针对这一类通信中常见的调度问题, 目前已有大量成熟有效的算法, 典型地如 Round-Robin、WFQ (Weighted Fair Queueing)、WF²Q (Worst-case Fair Weighted Fair Queueing) 等, 可以参考“H.Zhang, Service disciplines for guaranteed performance service in packet-switching networks, Proceedings of the IEEE, vol.83, pp.1374-1396, Oct.1995”以及“V.Bharghavan, S.Lu and T. Nandagopal, Fair queueing in wireless networks: Issues and Approaches, IEEE Personal Communication, Vol.6, No.1, pp.44-53, February 1999”等文献。

发明内容

为了解决现有技术中尚缺乏针对 UMTS 下行链路中用于分组业务的专用信道联合分组调度的有效、优化的方法, 本发明的一个目的是提供一种计算量小、保证不同专用信道的公平性、优先级和 QoS (服务质量)、并在总的数据吞吐量最大的意义上最

优的下行链路专用信道联合分组调度方法以及实现该方法的装置。

本发明再一个目的是解决在规划下行链路 DCH 联合分组调度时遇到的计算复杂、耗时和不完善的技术问题，而将此问题转化为带约束的最优化问题，从而能优化下行链路专用信道联合分组调度方法。

根据本发明的一个方面，提出了一种在 UMTS 通信系统下行链路中对用于分组业务的专用传输信道进行分组联合调度的方法，其中逻辑信道中的专用业务信道 DTCH 映射为传输信道中的专用信道 DCH，而 N 个专用信道 DCH 在各自的输入队列中排队等待输出到对应的 M 个专用物理信道 DPCH，其中 $M \leq N$ ；其特征在于，所述对 DCH 进行分组联合调度的方法包括以下步骤：a) 在每个 DCH 调度周期之前，根据预定的 DCH 联合分组调度约束条件，对每个 DPCH 的传输格式组合进行预选择处理，以确定每个 DPCH 可用的传输格式组合集合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ ；b) 将用于非实时分组业务的 DCH 的总的下行发射功率 $\sum_{n=1}^N P_{k,n}$ 约束为不超过所述调度周期内下行总功率预算中的可调度功率，即最大允许功率值 $P_k^{\text{Scheduled}}$ ，其中 $P_{k,n}$ 为第 k 个调度周期第 n 个 DCH 所需的平均发射功率， $P_k^{\text{Scheduled}}$ 为第 k 个调度周期内在下行链路功率预算中分配给承载非实时分组业务的专用信道的最大允许功率；c) 基于 DCH 传输的公平性和 DCH 所承载业务的 QoS 要求，确定 DCH 联合分组调度最优化问题中各 DCH 相应的权值；d) 采用 0-1 规划算法，基于步骤 a)，b) 和 c) 的结果，计算对应每个 DCH 可调度输出的最大比特数。

根据本发明的另一个方面，提出了一种在 UMTS 通信系统下行链路中对用于分组业务的专用传输信道进行分组联合调度的

装置, 其中逻辑信道中的专用业务信道 DTCH 映射为传输信道中的专用信道 DCH, 而 N 个专用信道 DCH 在各自的输入队列中排队等待输出到对应的 M 个专用物理信道 DPCH, 其中 $M \leq N$; 其特征在于, 所述对 DCH 进行分组联合调度的装置包括: 预选择处理单元, 用于在每个 DCH 调度周期之前, 根据预定的 DCH 联合分组调度约束条件, 对每个 DPCH 的传输格式组合进行预选择处理, 以确定每个 DPCH 可用的传输格式组合集合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$; 功率约束比例系数计算单元, 用于计算第 k 个调度周期内第 n 个 DCH 的平均发射功率 $P_{k,n}$ 与该 DCH 在此调度周期中被调度输出的比特数 $R_{k,n}$ 的比例系数的预测/估计值 $\hat{c}_{k,n}$; 目标函数权值计算单元, 用于基于 DCH 传输的公平性和 DCH 所承载业务的 QoS 要求, 计算 DCH 联合分组调度最优化问题中各 DCH 相应的权值; 0-1 规划优化计算单元, 用于采用线性规划算法, 基于预选择处理单元、功率计算单元、目标函数权值计算单元的输出结果, 计算对应每个 DCH 可调度输出的最大比特数。

根据本发明的 UMTS 系统中下行链路 DCH 联合分组调度的方法和装置, 实现了: (a) 最大化每次调度输出的总的数据流量, 从而最大限度地有效利用无线资源, 同时, 在无线资源有限的条件下, 为用户提供最大的数据传输速率; (b) 保证各个 DCH 传输的公平性, 保证了每个用户都能获得尽可能最大的数据传输速率; 以及(c) 反映并保证 DCH 的优先级要求。

附图说明

以下通过实例, 结合附图描述本发明的具体实施方式, 其中:

图 1 示出了应用本发明的 UTRAN 通信系统的网络结构的示意图;

图 2 示出了应用本发明的 UTRAN 通信系统的无线接口协议结构的示意图;

图 3 示出了应用本发明的 UTRAN 通信系统中下行链路逻辑信道与传输信道的映射关系;

图 4 示出了应用本发明的 UTRAN 通信系统中传输信道、传输块与传输格式组合的示意图;

图 5 示意示出了 UTRAN 通信系统中下行链路发射功率的组成;

图 6 示意示出了 UTRAN 通信系统中下行链路 DCH 到 DPCH 的分组调度模型;

图 7 示意示出了 UTRAN 通信系统中下行链路 DCH 与 DPCH 之间的对应关系;

图 8 是根据本发明的下行链路 DCH 分组联合调度装置的示意图。

具体实施方式

以下结合附图对本发明的具体实施方式进行描述, 本领域技术人员通过以下结合附图对本发明的技术方案的更详细的描述, 可以更好地理解本发明的技术方案。

参照附图 6, 附图 6 示意示出了 UTRAN 通信系统中下行链路 DCH 到 DPCH 的分组调度模型。在图 6 所示 UMTS 下行链路 DCH 分组调度模型中, N 个 DCH (分别标号为 DCH#1, DCH#2, DCH#3, ..., DCH#N) 在各自的输入队列中排队等待输出到对应的 M 个专用物理信道 (DPCH) (分别标号为 DPCH#1, DPCH#2, DPCH#3, ..., DPCH#M), 每个 DPCH 的最大允许速率是由其扩频因子决定的, 由于一个 DPCH 上可能多路复用一個或多个 DCH, 因此 $M \leq N$ 。在 UMTS 中, 物理信

道的帧长为 10ms, 而 TTI 的长度可能为 10ms、20ms、40ms 及 80ms, 由于不同 UE 的 DCH 的 TTI 不同, 因此, 下行链路 DCH 联合分组调度每隔 10ms 进行一次调度并把每个 DCH 被调度的传输块发送到物理层。本发明解决下行链路 DCH 联合分组调度问题的出发点, 是将此问题转化为带约束的最优化问题。

首先, 下行链路 DCH 联合分组调度的目标主要有: (a) 最大化每次调度输出的总的的数据流量; (b) 保证各个 DCH 传输的公平性; (c) 反映并保证 DCH 的优先级要求。其中, 最大化每次调度输出的总的的数据流量是分组调度的基本要求, 从而最大限度地有效利用无线资源, 另一方面, 在无线资源有限的条件下, 为用户提供最大的数据传输速率。保证各个 DCH 传输的公平性是分组调度的另一个要求, 因为上述第一个目标最大化的是总的的数据流量, 而不是每一个 DCH 的数据流量, 为了从每个用户的角度都能获得最大的数据传输速率, 公平性必须得到充分的保证。同时, 不同的 DCH 可能存在不同的优先等级, 这种优先级主要是由于 DCH 所承载业务的优先级等因素所决定的, 例如, 根据 3GPP 的规范 TS23.107, UMTS 交互类型业务的 QoS 具有“Traffic Handling Priority”(业务处理优先级)属性, 由于分组调度主要影响了分组数据业务的时延、数据速率等 QoS 性能, 因此, 下行链路 DCH 联合分组调度应反映并保证 DCH 的 QoS 等级要求。由业务 QoS 需求不同而产生的优先级实际上是一种静态优先级, 另外, 在每个调度周期, 其它因素也可能产生动态的优先级, 一个典型的例子是 AM(应答模式)RLC 中的状态 PDU(协议数据单元)分组。AM 模式的 RLC 采用 ARQ(自动重传请求)技术以牺牲时延为代价提供低错误率的无线承载能力, 由于 NRT 分组业务是时延不敏感但对差错敏感的业务, 因此一般都采用 AM 模式的 RLC。状态 PDU 用于 AM 模式 RLC

实体的接收端向发送端发送 ARQ 应答信息，因此，为了减少时延应以较高的优先级传输。

另一方面，下行链路 DCH 联合分组调度还应满足如下约束条件：(a) 在每个调度周期（这里为 10ms），所有用于 NRT 分组业务的 DCH 的总的下行发射功率，应不超过该周期内下行总功率预算中的可调度功率值；(b) 在每个调度周期，每个 DCH 被调度输出的传输块大小和数量，应满足该 DCH 对应的传输格式组合集（TFCS）的限制；(c) 由于不同的 DCH 具有不同的 TTI，而调度是以一个无线帧为周期的，因此，在一个调度周期，当某 DCH 已经被激活，即若在前面的调度周期中该 DCH 已经有一定数量的传输块被调度输出，在当前调度周期内，该 DCH 不能被重新调度新的传输块，而应该等待该 DCH 的下一个 TTI 到来时才能进行新的调度；(d) 在每个调度周期，一个 DCH 被调度输出的传输块数量，除了取决于调度系统外，还与在输入队列中等待传输的数据数量有关，为了避免在 RLC 层产生不必要的浪费无线传输带宽的填充（Padding）比特，DCH 调度应使得调度所选定的该 DCH 的传输格式对应的传输容量，不超过当前调度周期内该 DCH 输入队列中所有需要传输的数据的数量。

1. DCH 联合分组调度的目标函数

根据上述 DCH 联合分组调度的目标，本发明提出采用如下的线性目标函数来求解最优的分组调度输出：

$$J_k = \sum_{n=1}^N w_{k,n} R_{k,n} \quad (1)$$

其中， J_k 为第 k 个调度周期的目标函数， $w_{k,n}$ 是第 k 个调度周期中第 n 个 DCH 对应的权值， $R_{k,n}$ 为待求解的第 k 个调度周期中第 n 个 DCH 对应的调度输出的比特数，如下所述它的值域是

一个离散有限域。如前所述, 由业务 QoS 需求不同而产生的优先级是一种静态优先级, 因此, 本发明将该优先级表述为上述目标函数的静态权值部分。同时, 为了反映上述 DCH 联合分组调度目标中 DCH 传输的公平性的要求, 本发明提出将公平性表征为上述目标函数的动态权值部分, 即有:

$$w_{k,n} = w_n^{QoS} \cdot w_{k,n}^{Fair} \quad (2)$$

其中 w_n^{QoS} 为第 n 个 DCH 对应的其所承载业务的优先级决定的静态权值, $w_{k,n}^{Fair}$ 为第 k 个调度周期中第 n 个 DCH 对应的反映该 DCH 公平性要求的动态权值。

需要特别说明的是, 公平性是与 DCH 速率无关的, 因为一个 DCH 的传输速率, 是由其对应的 DPCH 的带宽或扩频因子决定的, 高速率和低速率的 DCH 都应当获得相同的公平的被调度输出的机会。因此, 本发明提出为了反映各个 DCH 传输的公平性要求, 使用历史的 (即过去一段时间内的) 该 DCH 被调度的频度和每次调用的相对数量, 即“调度指数”来确定上述反映 DCH 公平性要求的动态权值 $w_{k,n}^{Fair}$ 。根据本发明, 第 $k-l$ 个调度周期中第 n 个 DCH 的“调度指数”定义为:

$$\eta_{k-l,n} = \begin{cases} \frac{R_{k-l,n}}{\max\{R_{k-l,n}\}} & \max\{R_{k-l,n}\} \neq 0 \\ 1 & \max\{R_{k-l,n}\} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中, $R_{k-l,n}$ 为第 $k-l$ 个调度周期中第 n 个 DCH 对应的调度输出的比特数, $\max\{R_{k-l,n}\}$ 为第 $k-l$ 个调度周期中第 n 个 DCH 对应的可调度比特的离散有限域中的最大值。显然, $\eta_{k-l,n}$ 的值间于 0~1 之间, 由于 $R_{k-l,n}$ 的值域本身是一个离散有限域, 因此 $\eta_{k-l,n}$ 的值域也是一个离散有限域。根据上述“调度指数”的定义, 该参数是与 DCH_n 本身的速率无关的量, 它反映了 DCH_n 在第 $k-l$ 个调度周期中被调用的程度。

通过对第 n 个 DCH 的过去一段时间内的调度指数的滤波, 即得到该 DCH 的历史平均调度指数 $\bar{\eta}_{k,n}$ 。根据本发明, 优选地可以使用以下三种滤波平滑方法之一:

$$\bar{\eta}_{k,n} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \eta_{k-l,n} \quad (4a)$$

$$\bar{\eta}_{k,n} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \lambda^{l-1} \eta_{k-l,n} \quad (4b)$$

$$\bar{\eta}_{k,n} = (1-\beta) \cdot \bar{\eta}_{k-1,n} + \beta \cdot \eta_{k-1,n} \quad (4c)$$

式中, L 为参与平滑滤波的以往的调度周期数, 遗忘因子 $\lambda \in (0, 1]$, 该因子的作用在于调节过去的调度指数在滤波中的重要性, 该因子越接近 0 过去的调度指数所起的作用越小, 当 $\lambda=1$ 时式(4b)即成为式(4a)所表示的 L 段平均。式(4c)实际上表示采用一阶 IIR (无限脉冲响应) 滤波器来进行平滑滤波, 其中滤波系数 $\beta \in [0, 1]$ 。

利用式(4)求得 DCH _{n} 的经滤波平滑的历史调度指数 $\bar{\eta}_{k,n}$ 后, 根据本发明, 反映该 DCH 在当前调度周期中的公平性要求的动态权值 $w_{k,n}^{Fair}$, 即可以用 $\bar{\eta}_{k,n}$ 的单调降函数来表征。优选地, 可以采用以下两种计算方法之一确定动态权值 $w_{k,n}^{Fair}$:

$$w_{k,n}^{Fair} = 1 - \bar{\eta}_{k,n} \quad (5a)$$

$$w_{k,n}^{Fair} = \frac{1}{\bar{\eta}_{k,n}} \quad (5b)$$

在式(5b)中, 为防止 $\bar{\eta}_{k,n}$ 过小造成数值的稳定性问题, 还可以用一个门限值限制最大权值。

最后, 对于上述因 ARQ 等因素产生的动态优先级, 本发明并不将此类优先级作为目标函数的权值, 而是采用如下的队列管理技术来反映该动态优先级: 以 AM 模式 RLC 的状态 PDU 调度为例, 对任何一个 DCH 的输入缓冲队列, 一旦接收到含有状态 PDU 的分组, 立即把此分组放到该 DCH 的输入缓冲队列的

最前面, 从而使得该状态 PDU 得到优先的传输机会。

2. DCH 联合分组调度的约束条件

根据前述 DCH 联合分组调度的约束条件, 每个调度周期内所有用于 NRT 分组业务的 DCH 的总的下行发射功率, 应不超过该周期内下行总功率预算中的可调度功率值, 该约束条件可以表达为:

$$\sum_{n=1}^N P_{k,n} \leq P_k^{\text{Scheduled}} \quad (6)$$

式中 $P_{k,n}$ 为第 k 个调度周期第 n 个 DCH 所需的平均发射功率, $P_k^{\text{Scheduled}}$ 为第 k 个调度周期内在下行链路功率预算中分配给承载 NRT 分组业务的专用信道的最大允许功率。

忽略速率匹配等因素的影响, 在下行方向, 一个无线帧内 DCH 的平均发射功率, 可以近似地表示为该 DCH 的比特速率与一个比例系数之积, 其中该 DCH 的比特速率即对应此无线帧调度周期内该 DCH 被调度输出的比特数, 但是, 由于无线信道的传播损耗和多径衰落等因素, 其比例系数在每个无线帧是动态变化。为此, 本发明提出利用线性预测滤波器估计当前调度周期的比例系数, 例如, 较简单地可以采用一阶 α 跟踪器/预测器:

$$\hat{c}_{k,n} = (1-\alpha) \cdot \hat{c}_{k-1,n} + \alpha \cdot c_{k-1,n} \quad (7)$$

其中, 滤波器系数 $\alpha \in [0, 1]$, $\hat{c}_{k,n}$ 表示第 k 个调度周期内第 n 个 DCH 的平均发射功率与该 DCH 被调度输出的比特数的比例系数的预测/估计值, 而 $c_{k-1,n}$ 是利用第 $k-1$ 个调度周期内第 n 个 DCH 实际发射功率的测量值与实际被调度输出的比特数之比计算得到的。这样, 式(6)给出的 DCH 联合分组调度的功率约束条件可以进一步表示为:

$$\sum_{n=1}^N \hat{c}_{k,n} R_{k,n} \leq P_k^{\text{Scheduled}} \quad (8)$$

为了满足前面分析的其它 DCH 联合分组调度的约束条件, 本发明提出在每个调度周期的开始之前, 直接利用这些约束条件对每个 DPCH 的 TFCS 进行预选择处理, 每个 DCH 的离散有限值域, 即可由对应 DPCH 的经预选择处理后的可使用的 TFC 的集合来确定。

(1). 约束条件(b)(即 在每个调度周期, 每个 DCH 被调度输出的传输块大小和数量应满足该 DCH 对应的 TFCS 的限制)实际上给出了每个 DPCH 的 TFCS, 该步骤无需在每个调度周期都执行, 除非 RRC 修改或重配, 否则每个 DPCH 的 TFCS 在每个调度周期都是相同的。经此步骤后得到的每个 DPCH 的可用 TFC 集合标记为 $TFCS_m^{(0)} = \{(TF_1, TF_2, \dots, TF_{S_m})\}_m^{(0)}$, 其中 $m=1, 2, \dots, M$, S_m 为第 m 个 DPCH 的 TFC 的维度, 即有 $S(m)$ 个 DCH 多路复用在第 m 个 DPCH 上;

(2). 根据约束条件(c) (即 在一个调度周期, 当某 DCH 已经被激活, 若在前面的调度周期中该 DCH 已经有一定数量的传输块被调度输出, 在当前调度周期内, 该 DCH 不能被重新调度新的传输块, 而应该等待该 DCH 的下一个 TTI 到来时才能进行新的调度), 逐一判断每个 DPCH 中的每个 DCH 是否在当前调度周期中已被激活, 如果某 DCH 已被激活, 则应从该 DCH 对应 DPCH 的经步骤(1)后得到的可用 TFC 集合中, 去除所有不包含此 DCH 正在被使用的传输格式的传输格式组合。经此步骤后得到的每个 DPCH 的可用 TFC 集合标记为 $TFCS_m^{(1)} = \{(TF_1, TF_2, \dots, TF_{S_m})\}_m^{(1)}$, 其中 $m=1, 2, \dots, M$;

(3). 根据约束条件(d) (即 DCH 调度应使得调度所选定的该 DCH 的传输格式对应的传输容量, 不超过当前调度周期内该 DCH 输入队列中所有需要传输的数据的数量), 从每个 DPCH 经步骤(2)后得到的可用 TFC 集合中, 进一步去除满足如下条件

的所有传输格式组合：该 TFC 至少包含一个传输格式，指示当前调度周期内其对应的 DCH 上可传输的比特数，大于相应 DCH 的当前输入缓冲队列长度。经此步骤后得到的每个 DPCH 的可用 TFC 集合标记为 $TFCS_m^{(2)} = \{(TF_1, TF_2, \dots, TF_{S_m})\}_m^{(2)}$ ，其中 $m=1, 2, \dots, M$ 。

这样，利用每个 DPCH 的经上述 TFCS 预选择处理得到的可用 TFC 集合 $TFCS_m^{(2)}$ ，就能确定每个 DCH 的离散有限值域。但需注意的是，当多个 DCH 复用在一个 DPCH 上时，由此得到的该 DPCH 的所有 DCH 的值域空间是耦合的，它们受 $TFCS_m^{(2)}$ 所给出的有限组合的约束。

3. 将 DCH 联合分组调度转化为 0-1 规划问题

利用前面的分析结果，在第 k 个调度周期（以下为清晰起见均省略下标 k ），DCH 联合分组调度可以表达为以下在离散有限域中采用线性约束及线性目标函数的数学规划问题：

求最优解 $R_n, n=1, 2, \dots, N$ ，最大化目标函数 $J = \sum_{n=1}^N w_n R_n$ ，其中， R_n 应满足约束条件： $\sum_{n=1}^N \hat{c}_n R_n \leq P^{Scheduled}$ ，且 $R_n \in \Psi_n$ ，其中 Ψ_n 为离散有限域。

如果不限定变量的值域，上述问题就是典型的线性规划问题，针对线性规划问题的简单高效的计算方法即是工程中广泛采用的单纯形法。然而，当变量只能在离散有限域中取值时，目前尚缺乏系统的有效的计算方法。搜索类型的算法是解决此类问题的基本方法，但当变量数目及其值域空间较大时，计算量将非常大而难以实用，另外，复用在相同 DPCH 上的 DCH 值域空间的耦合也使问题的求解变得更加复杂。为此，本发明采用下面的变量转换技术将上述问题转化为易于求解的一类特殊的组合优化问题，即 0-1 规划问题。

为了便于表述，如图 7 所示，将复用到同一个 DPCH 的

DCH 作为一组, M 个 DPCH 共有 M 组 DCH, 每组包含 S_m ($m=1,2,\dots,M$) 个 DCH, 它们分别按其在相应 DPCH_m 的 TFC 中出现的顺序依次编号为 $\text{DCH}_{m,1}, \text{DCH}_{m,2}, \dots, \text{DCH}_{m,S_m}$, 上述最优化问题中的 R_n, w_n, \hat{c}_n 也相应标记为 $R_{m,j}, w_{m,j}, \hat{c}_{m,j}$, 其中 $j=1,2,\dots,S_m$, 显然:

$$\sum_{m=1}^M S_m = N \quad (9)$$

若 DPCH_m 可用 TFC 集合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ 元素个数为 D_m , 引入 D_m 个新的 0-1 指示变量 $q_{m,i} \in \{0,1\}$, $i=1,2,\dots,D_m$, 分别与该集合中的每个元素相对应, 则:

$$R_{m,j} = \sum_{i=1}^{D_m} [q_{m,i} \cdot r_{m,j}(i)], \text{ 且满足指示约束: } \sum_{i=1}^{D_m} q_{m,i} = 1 \quad (10)$$

其中 $r_{m,j}(i)$ 为 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ 中第 i 个 TFC 包含的第 j 个 DCH 的传输格式所指示的当前调度周期内该 DCH 上可传输的比特数。这样, 利用新引入的 0-1 指示变量, 不但去除了复用在同一 DPCH 上的 DCH 值域空间的耦合, 同时上述最优化问题也转化为以下等效的 0-1 规划问题:

<p>最小化目标函数: 约束条件:</p> $J = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^{D_m} (w_{m,i} \cdot q_{m,i})$	$\begin{cases} S + \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^{D_m} (C_{m,i} \cdot q_{m,i}) = P^{\text{Scheduled}}, & S \geq 0 \\ \sum_{i=1}^{D_m} q_{m,i} = 1, & q_{m,i} \in \{0,1\}, \quad m=1,2,\dots,M \end{cases}$
---	--

其中, 上述 0-1 规划问题中参量 $w_{m,i}$ 及 $C_{m,i}$ 可以由下式求得:

$$\begin{cases} w_{m,i} = - \sum_{j=1}^{S_m} [w_{m,j} \cdot r_{m,j}(i)] \end{cases} \quad (11a)$$

$$\begin{cases} C_{m,i} = \sum_{j=1}^{S_m} [\hat{c}_{m,j} \cdot r_{m,j}(i)] \end{cases} \quad (11b)$$

注意到为了将上述 0-1 规划问题表示为标准的形式, 引入了松弛变量 S , 并将求解目标函数最大化转换为最小化目标函数。

一旦求得上述 0-1 规划问题的最优解，即可由式(10)求得当前调度周期的各个 DCH 最优的调度输出比特数。

4. 转换 0-1 规划问题为线性规划问题

0-1 规划问题目前仍然没有通用的求解方法，一般的算法都是针对某一类特殊的问题而提出的。注意到文献“A.K.Khandani, Linear (Zero-one) programming approach to fixed-rate entropy-coded vector quantisation, IEE Proceedings of Communication, Vol.146, No.5, Oct.1999, pp275-282”中提出了一类 0-1 规划问题的求解方法，虽然该 0-1 规划问题在上述文献中是针对固定速率熵编码矢量量化中最优比特分配的应用，但是，该文献为此应用建立的基于 0-1 规划问题的数学模型，与本发明提出的 DCH 联合分组调度的 0-1 规划问题是完全相同的。因此，该文献针对该 0-1 规划问题的结论和计算方法，可以直接应用于本发明，该文献全文在此引述作为参考。

根据上述文献第 2.1 节的结论，可以直接放松上述 0-1 规划问题中指示变量 0-1 约束，而将该 0-1 规划问题作为典型的线性规划问题进行求解，而最优解总是能保证最多只有两个指示变量间于 0 和 1 之间，而其它指示变量正好是 0 或者是 1，而对于此间于 0 和 1 之间的两个指示变量，可以采用近似的方法直接量化为 0 或 1，而对最优解的影响很小且可以忽略。这样，根据线性规划的有关理论，采用高效的单纯形法，大约经过 $(M+1) \sim 2(M+1)$ 次迭代就可以求解上述 0-1 规划问题。

除了通用的线性规划计算方法外，上述文献还针对此 0-1 规划问题的特殊性，提出了一种计算量进一步减小的快速算法求解对应的线性规划问题。详细的算法可以参考上述文献第 2.2 节。

5. 本发明提出的 DCH 联合分组调度方法总结

在以上对本发明提出的下行链路 DCH 联合分组调度方法的论述中, 尚未讨论以下两种可能的实际情况: 一是不同的 DTCH 可能在 MAC 层多路复用在一个 DCH 上, 二是传输非实时分组业务的 DCH 可能和传输实时业务, 如 AMR (自适应多速率) 语音的 DCH 多路复用在一个 DPCH 上。

对第一种情况, 考虑到复用在 DCH 上的各个 DTCH 具有 QoS 需求相同, 并且各个 DTCH 通过时分复用方式共享相同的该 DCH 传输带宽的特点, 本发明提出对此情况, 先采用典型的 Round-Robin、WFQ 或 WF²Q 等调度算法, 对相应 DCH 进行 DTCH 的调度分配, 然后即可采用本发明的方法进行下行链路 DCH 联合分组调度。

对第二种情况, 根据本发明, 只需将相应 DPCH 上的传输非实时分组业务的 DCH 和传输实时业务的 DCH 分开处理, 即在功率约束中只考虑传输非实时分组业务的 DCH 的影响, 在确定可用的 TFC 集合时只使用传输非实时分组业务 DCH 传输格式构成的降维的 TFC, 从而仍然可应用本发明提出的下行链路 DCH 联合分组调度方法。

综合上述, 根据本发明提出的下行链路 DCH 联合分组调度装置如图 8 所示。根据本发明, 该装置主要由四个功能单元组成, 即 TFCS 预选择处理单元、功率约束中比例系数计算单元、目标函数权值计算单元和基于 0-1 规划的最优分组调度计算单元, 该装置每个调度周期运行一次, 得到各个 DCH 的在每个调度周期的调度输出结果。

如图 8 所示, 在每个调度周期, TFCS 预选择处理单元中, 对由多个不同的 DTCH 多路复用的 DCH, 先采用常用的 Round-Robin、WFQ 或 WF²Q 等调度算法, 对相应 DCH 进行

DTCH 的调度分配, 之后, 对每个 DCH 的输入缓冲队列, 基于 AM 模式 RLC 的状态 PDU 等动态优先级的要求, 将相应高优先级分组放到相应 DCH 的输入缓冲队列的最前面, 然后, 基于相应 DPCH 的 TFCS、DCH 是否激活及 DCH 输入缓冲队列的长度等约束条件进行预处理, 得到每个 DPCH 在当前调度周期中的可用 TFC 的集合, 具体处理步骤如前所述。相应的, 在所述 TFCS 选择处理单元当中, 可以包括一个或多个模块, 用于分别或共同完成相应的处理, 例如包括: DTCH 调度模块, 用于采用 Round-Robin、WFQ 或 WF²Q 调度算法对 DCH 进行 DTCH 调度分配; 优先级排队模块, 用于将 AM 模式 RLC 的状态 PDU 等优先级高的分组放到相应 DCH 的输入缓冲队列的前端; 以及 TFCS 预选择处理模块, 用于基于 DPCH 的传输格式组合集合 TFCS、激活的 DCH 以及 DCH 输入队列的长度对 TFCS 进行预选择处理, 得到每个 DPCH 在当前调度周期中的可用传输格式组合集合 TFCS_m⁽²⁾。

在每个调度周期, 功率约束比例系数计算单元中, 首先计算当前调度周期以前的调度周期内每个 DCH 实际发射功率的测量值与记录的实际被调度输出的比特数之比, 然后利用线性预测滤波器估计/预测当前调度周期内每个 DCH 对应的比例系数, 其中, 线性预测滤波器典型地可以采用式(7)所给出的一阶 α 跟踪器/预测器。

在每个调度周期, 目标函数权值计算单元中, 首先利用记录的每个 DCH 的历史调度输出, 根据式(3)、(4)计算每个 DCH 的平均调度指数, 然后根据式(5)计算目标函数中反映每个 DCH 公平性要求的动态权值; 另一方面, 利用每个 DCH 所承载业务的优先级等信息, 确定目标函数中反映每个 DCH 的 QoS 优先级的静态权值。最后, 将得到的静态权值和动态权值相乘, 得到原目

标函数中的权值。在所述目标函数权值计算单元中，也可以包括一个或多个模块，用于分别或共同完成相应的处理，例如包括：动态权值计算模块，用于基于每个 DCH 公平性要求，根据记录的每个 DCH 调度结果计算目标函数中的动态权值；静态权值计算模块，用于基于每个 DCH 所承载的业务优先级来确定静态权值；乘法器，用于将每个 DCH 的动态权值与静态权值相乘而得出用于目标函数的权值。

在每个调度周期，在得到 TFCS 预选择处理单元、功率约束中比例系数计算单元及目标函数权值计算单元的输出结果后，由基于 0-1 规划的最优分组调度计算单元计算对应每个 DCH 可调度输出的最大比特数。根据本发明的一个实施方式，在所述 0-1 规划优化计算单元中，也可以包括一个或多个模块，用于分别或共同完成相应的处理，例如可以包括 0-1 规划参数计算模块，用于根据式(11)计算下行链路 DCH 联合分组调度 0-1 规划问题中的参量 $w_{m,i}$ 及 $C_{m,i}$ ；线性规划计算模块，用于利用参数 $w_{m,i}$, $C_{m,i}$ 及当前调度周期内的可调度功率预算，计算下行链路 DCH 联合分组调度 0-1 规划问题的最优的指示变量的解向量，其中，当前调度周期内的可调度功率预算值是由该小区无线资源管理模块的下行链路功率分配单元提供的；以及 DCH 调度输出比特计算模块，用于利用线性规划计算模块输出的指示变量的最优解，根据式(10)计算每个 DCH 在当前调度周期被调度输出的比特数。

根据本发明提出的图 8 所示下行链路 DCH 联合分组调度装置，TFCS 预选择处理单元、功率约束中比例系数计算单元与目标函数权值计算单元可以用不同的硬件或软件并行，或用相同的硬件或软件串行方法实现，其中并行实现可以更好地满足分组调度的实时性需要。另外，0-1 规划问题的线性规划计算单元是本发明中主要的计算量密集单元，可以采用专用的硬件或软件单元

实现高速运算，以满足下行链路 DCH 联合分组调度实时性的要求。

以上通过结合附图对本发明的 UMTS 通信系统中下行链路 DCH 分组联合调度的方法和装置进行了阐述，但本发明并不限于用于 UMTS 通信系统，对于具有类似信道结构的其它信道，本发明的原理同样适用。本领域技术人员知道，依据本发明原理，可以对本发明作出各种修改、改进，而不脱离本发明随附权利要求的范围。

权 利 要 求

1、一种在 UMTS 通信系统下行链路中对用于分组业务的专用传输信道进行分组联合调度的方法，其中逻辑信道中的专用业务信道 DTCH 映射为传输信道中的专用信道 DCH，而 N 个专用信道 DCH 在各自的输入队列中排队等待输出到对应的 M 个专用物理信道 DPCH，其中 $M \leq N$ ；其特征在于，所述对 DCH 进行分组联合调度的方法包括以下步骤：

a) 在每个 DCH 调度周期之前，根据预定的 DCH 联合分组调度约束条件，对每个 DPCH 的传输格式组合进行预选择处理，以确定每个 DPCH 可用的传输格式组合集合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ ；

b) 将用于非实时分组业务的 DCH 的总的下行发射功率 $\sum_{n=1}^N P_{k,n}$ 约束为不超过所述调度周期内下行总功率预算中的可调度功率，即最大允许功率值 $P_k^{\text{Scheduled}}$ ，其中 $P_{k,n}$ 为第 k 个调度周期第 n 个 DCH 所需的平均发射功率， $P_k^{\text{Scheduled}}$ 为第 k 个调度周期内在下行链路功率预算中分配给承载非实时分组业务的专用信道的最大允许功率；

c) 基于 DCH 传输的公平性和 DCH 所承载业务的 QoS 要求，确定 DCH 联合分组调度最优化问题中各 DCH 相应的权值；

d) 采用 0-1 规划算法，基于步骤 a)，b) 和 c) 的结果，计算对应每个 DCH 可调度输出的最大比特数。

2、根据权利要求 1 的方法，其特征在于，步骤 a) 中根据预定的 DCH 联合分组调度约束条件，确定每个 DPCH 可用的传输格式组合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ 进一步包括：

将优先级高的分组放到相应 DCH 的输入缓冲队列的前端；

基于 DPCH 的传输格式组合集合 TFCS、激活的 DCH 以及 DCH 输入队列的长度对 TFCS 进行预选择处理, 得到每个 DPCH 在当前调度周期中的可用传输格式组合的集合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ 。

3、 根据权利要求 2 的方法, 其特征在于, 所述的预选择处理进一步包括以下步骤:

i) 选择每个 DCH 被调度输出的传输块大小和数量满足该 DCH 对应的 TFCS 的限制的 TFC 集合 $\text{TFCS}_m^{(0)} = \{ \{ \text{TF}_1, \text{TF}_2, \dots, \text{TF}_{S_m} \} \}_m^{(0)}$, 其中 $m=1, 2, \dots, M$, S_m 为第 m 个 DPCH 的 TFC 的维度, 即有 $S(m)$ 个 DCH 多路复用在第 m 个 DPCH 上;

ii) 判断每个 DPCH 中的每个 DCH 是否在当前调度周期中已被激活, 如果某 DCH 已被激活, 则从该 DCH 对应 DPCH 的经步骤(i)后得到的可用 TFC 集合中, 去除所有不包含此 DCH 正在被使用的传输格式的传输格式组合, 此步骤后得到的每个 DPCH 的可用 TFC 集合标记为 $\text{TFCS}_m^{(1)} = \{ \{ \text{TF}_1, \text{TF}_2, \dots, \text{TF}_{S_m} \} \}_m^{(1)}$, 其中 $m=1, 2, \dots, M$;

iii) 从每个 DPCH 经步骤(ii)后得到的可用 TFC 集合中, 进一步去除满足如下条件的所有传输格式组合: 该 TFC 至少包含一个传输格式, 指示当前调度周期内其对应的 DCH 上可传输的比特数, 大于相应 DCH 的当前输入缓冲队列长度, 经此步骤后得到的每个 DPCH 的可用 TFC 集合标记为 $\text{TFCS}_m^{(2)} = \{ \{ \text{TF}_1, \text{TF}_2, \dots, \text{TF}_{S_m} \} \}_m^{(2)}$, 其中 $m=1, 2, \dots, M$ 。

4、 根据权利要求 2 的方法, 其特征在于, 所述优先级高的分组是: 应答模式无线链路控制层的状态协议数据单元分组。

5、 根据权利要求 1、2 或 3 的方法, 其特征在于, 步骤 a) 中所述预选择处理之前还包括采用: Round-Robin、WFQ 或 WF²Q 调度算法对 DCH 进行 DTCH 调度分配的步骤。

6、 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述步骤 b) 进

一步包括:

计算第 k 个调度周期内第 n 个 DCH 的平均发射功率 $P_{k,n}$ 与该 DCH 在此调度周期中被调度输出的比特数 $R_{k,n}$ 的比例系数的预测/估计值 $\hat{c}_{k,n}$ 。

7、 根据权利要求 6 的方法, 其特征在于, 利用线性预测滤波器通过下述公式, 预测/估计当前调度周期内的比例系数 $\hat{c}_{k,n}$,

$$\hat{c}_{k,n} = (1-\alpha) \cdot \hat{c}_{k-1,n} + \alpha \cdot c_{k-1,n},$$

其中 α 为滤波器系数, 并且 $\alpha \in [0,1]$; 而 $c_{k-1,n}$ 是利用第 $k-1$ 个调度周期内第 n 个 DCH 实际发射功率的测量值与实际被调度输出的比特数的比值。

8、 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 步骤 c) 还包括: 使用动态权值 $w_{k,n}^{Fair}$ 和静态权值 w_n^{QoS} 的乘积确定 DCH 联合分组调度最优化问题中各 DCH 相应权值的步骤, 其中:

利用第 n 个 DCH 所承载的业务优先级确定静态权值 w_n^{QoS} ;

利用记录的每个 DCH 调度结果, 计算第 k 个调度周期内第 n 个 DCH 的平均调度指数 $\bar{\eta}_{k,n}$, 并根据下述公式确定所述动态权值 $w_{k,n}^{Fair}$:

$$w_{k,n}^{Fair} = 1 - \bar{\eta}_{k,n}; \text{ 或 } w_{k,n}^{Fair} = \frac{1}{\bar{\eta}_{k,n}}.$$

9、 根据权利要求 8 的方法, 其特征在于, 所述平均调度指数 $\bar{\eta}_{k,n}$ 通过以下方法之一进行确定:

i) 对过去第 $k-l$ 个调度周期中第 n 个 DCH 的调度指数的平滑滤波: $\bar{\eta}_{k,n} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \eta_{k-l,n}$, 其中 L 为参与平滑滤波的以往的调度周期数;

ii) 对方法 i) 中的所述公式进行调整: $\bar{\eta}_{k,n} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \lambda^{l-1} \eta_{k-l,n}$, 其中因子 $\lambda \in (0,1]$; 或者

iii) 采用一阶无限脉冲响应滤波器进行平滑滤波:

$\bar{\eta}_{k,n} = (1-\beta) \cdot \bar{\eta}_{k-1,n} + \beta \cdot \eta_{k-1,n}$, 其中滤波系数 $\beta \in [0,1]$.

10、 根据权利要求 9 的方法, 其特征在于, 所述第 $k-l$ 个调度周期中第 n 个 DCH 的“调度指数”定义为

$$\eta_{k-l,n} = \begin{cases} \frac{R_{k-l,n}}{\max\{R_{k-l,n}\}} & \max\{R_{k-l,n}\} \neq 0 \\ 1 & \max\{R_{k-l,n}\} = 0 \end{cases}$$

其中, $R_{k-l,n}$ 为第 $k-l$ 个调度周期中第 n 个 DCH 对应的调度输出的比特数, $\max\{R_{k-l,n}\}$ 为第 $k-l$ 个调度周期中第 n 个 DCH 对应的可调度比特的离散有限域中的最大值。

11、 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述步骤 d) 进一步包括:

利用步骤 a)、b) 和 c) 中的计算结果, 将求解 DCH 联合分组调度目标函数最大化转化为最小化目标函数的 0-1 规划, 并进一步将 0-1 规划转化为线性规划进行处理, 以计算出每个 DCH 调度输出的比特数, 其中:

DCH 联合分组调度目标函数定义为:

$$J = \sum_{n=1}^N w_n R_n, \quad R_n \text{ 应满足约束条件: } \sum_{n=1}^N \hat{c}_n R_n \leq P^{\text{Scheduled}}, \text{ 且}$$

$R_n \in \Psi_n$, 其中 Ψ_n 为离散有限域;

而将 DCH 联合分组调度的目标函数转化成为的 0-1 规划的最小化目标函数定义为:

$$J = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^{D_m} (w_{m,i} \cdot q_{m,i})$$

约束条件为:

$$\begin{cases} S + \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^{D_m} (C_{m,i} \cdot q_{m,i}) = P^{\text{Scheduled}}, & S \geq 0 \\ \sum_{i=1}^{D_m} q_{m,i} = 1, & q_{m,i} \in \{0,1\}, \quad m=1,2,\dots,M \end{cases}$$

其中, S 为松弛变量, 并且上述 0-1 规划参数 $w_{m,i}$ 及 $C_{m,i}$ 由

下式给出:

$$W_{m,i} = -\sum_{j=1}^{S_m} [w_{m,j} \cdot r_{m,j}(i)]$$

$$C_{m,i} = \sum_{j=1}^{S_m} [\hat{c}_{m,j} \cdot r_{m,j}(i)]$$

根据公式: $R_{m,j} = \sum_{i=1}^{D_m} [q_{m,i} \cdot r_{m,j}(i)]$, 计算每个 DCH 最优调度输出比特数 $R_{m,j}$, 其中:

$q_{m,i}$ 为 0-1 指示变量, 且 $q_{m,i} \in \{0, 1\}$, $i=1, 2, \dots, D_m$, 其中 D_m 为 DPCH_m 可用 TFC 集合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ 的元素个数, $q_{m,i}$ 分别与所述集合中的每个元素相对应; 将复用到同一个 DPCH 的 DCH 作为一组, M 个 DPCH 共有 M 组 DCH, 每组包含 S_m ($m=1, 2, \dots, M$) 个 DCH, 分别按其在相应 DPCH_m 的 TFC 中出现的顺序依次编号为 $\text{DCH}_{m,1}, \text{DCH}_{m,2}, \dots, \text{DCH}_{m,S_m}$ 且 R_n, w_n, \hat{c}_n 也相应标记为 $R_{m,j}, w_{m,j}, \hat{c}_{m,j}$, 其中 $j=1, 2, \dots, S_m$, $r_{m,j}(i)$ 为 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ 中第 i 个 TFC 包含的第 j 个 DCH 的传输格式所指示的当前调度周期内该 DCH 上可传输的比特数。

12、 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述步骤 a), b), c) 以并行方式进行操作。

13、 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述调度周期为物理信道的帧长。

14、 一种在 UMTS 通信系统下行链路中对用于分组业务的专用传输信道进行分组联合调度的装置, 其中逻辑信道中的专用业务信道 DTCH 映射为传输信道中的专用信道 DCH, 而 N 个专用信道 DCH 在各自的输入队列中排队等待输出到对应的 M 个专用物理信道 DPCH, 其中 $M \leq N$; 其特征在于, 所述对 DCH 进行分组联合调度的装置包括:

预选择处理单元, 用于在每个 DCH 调度周期之前, 根据预

定的 DCH 联合分组调度约束条件，对每个 DPCH 的传输格式组合进行预选择处理，以确定每个 DPCH 可用的传输格式组合集合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ ；

功率约束比例系数计算单元，用于计算第 k 个调度周期内第 n 个 DCH 的平均发射功率 $P_{k,n}$ 与该 DCH 在此调度周期中被调度输出的比特数 $R_{k,n}$ 的比例系数的预测/估计值 $\hat{c}_{k,n}$ ；

目标函数权值计算单元，用于基于 DCH 传输的公平性和 DCH 所承载业务的 QoS 要求，计算 DCH 联合分组调度最优化问题中各 DCH 相应的权值；

基于 0-1 规划的最优分组调度计算单元，用于采用线性规划算法，基于预选择处理单元、功率计算单元、目标函数权值计算单元的输出结果，计算对应每个 DCH 可调度输出的最大比特数。

15、 根据权利要求 14 的装置，其特征在于，所述预选择处理单元进一步包括：

DTCH 调度模块，用于采用 Round-Robin、WFQ 或 WF²Q 调度算法对 DCH 进行 DTCH 调度分配；

优先级排队模块，用于将 AM 模式 RLC 的状态 PDU 等优先级高的分组放到相应 DCH 的输入缓冲队列的前端；

TFCS 预选择处理模块，用于基于 DPCH 的传输格式组合集合 TFCS、激活的 DCH 以及 DCH 输入队列的长度对 TFCS 进行预选择处理，得到每个 DPCH 在当前调度周期中的可用传输格式组合集合 $\text{TFCS}_m^{(2)}$ 。

16、 根据权利要求 14 的装置，其特征在于，所述功率计算单元还包括：

线性预测滤波器，用于基于以前调度周期内每个 DCH 实际发射功率的测量值与记录的实际被调度输出的比特数的比值，估计当前调度周期内每个 DCH 的功率约束比例系数。

17、 根据权利要求 14 的装置，其特征在于，所述目标函数权值计算单元还包括：

动态权值计算模块，用于基于每个 DCH 公平性要求，根据记录的每个 DCH 调度结果计算目标函数中的动态权值；

静态权值计算模块，用于基于每个 DCH 所承载的业务优先级来确定静态权值；

乘法器，用于将每个 DCH 的动态权值与静态权值相乘而得出用于目标函数的权值。

18、 根据权利要求 14 的装置，其特征在于，所述基于 0-1 规划的最优分组调度计算单元包括：

0-1 规划参数计算模块，根据预选择处理单元、功率约束比例系数计算单元以及目标函数权值计算单元的输出结果，将 DCH 联合分组调度目标函数最大化转化为最小化目标函数的 0-1 规划并计算 0-1 规划问题中的参数 $w_{m,i}$ 及 $C_{m,i}$ ；

线性规划计算模块，用于利用参数 $w_{m,i}$, $C_{m,i}$ 及当前调度周期内的可调度功率预算，计算下行链路 DCH 联合分组调度 0-1 规划问题的最优的指示变量的解向量，其中，当前调度周期内的可调度功率预算值是由该小区无线资源管理模块的下行链路功率分配单元提供的；以及

DCH 调度输出比特计算模块，用于利用线性规划计算模块输出的指示变量的最优解，计算每个 DCH 在当前调度周期被调度输出的比特数。

19、 根据权利要求 14 的装置，其特征在于，所述预选择处理单元、功率计算单元、目标函数权值计算单元采用并行方式进行操作。

20、 根据权利要求 14 的装置，其特征在于，所述装置的调度周期为物理信道的帧长。

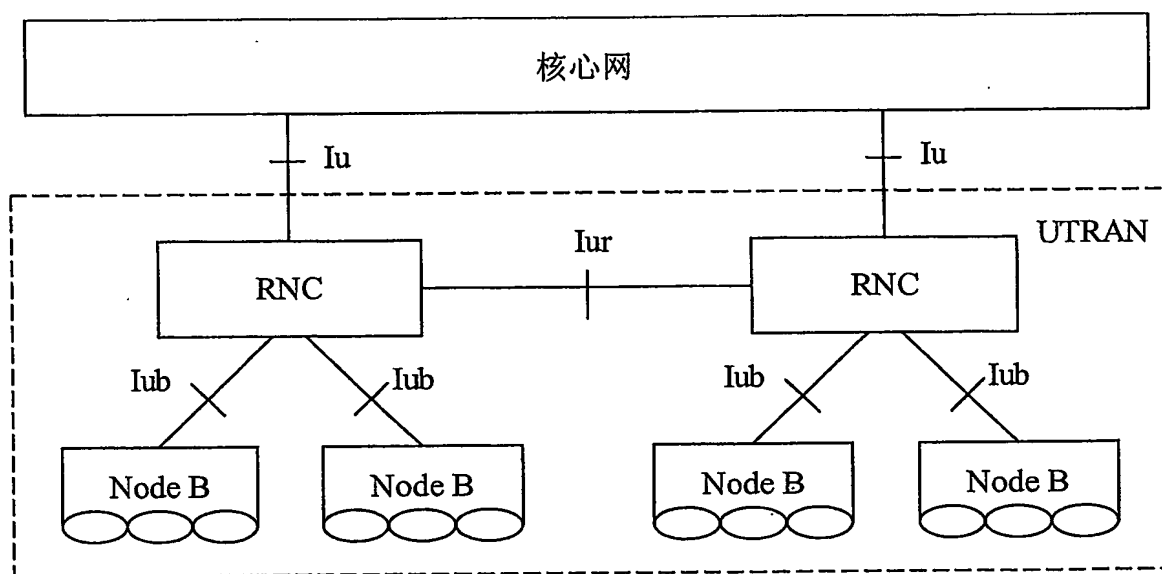
Fig.1

Fig.2

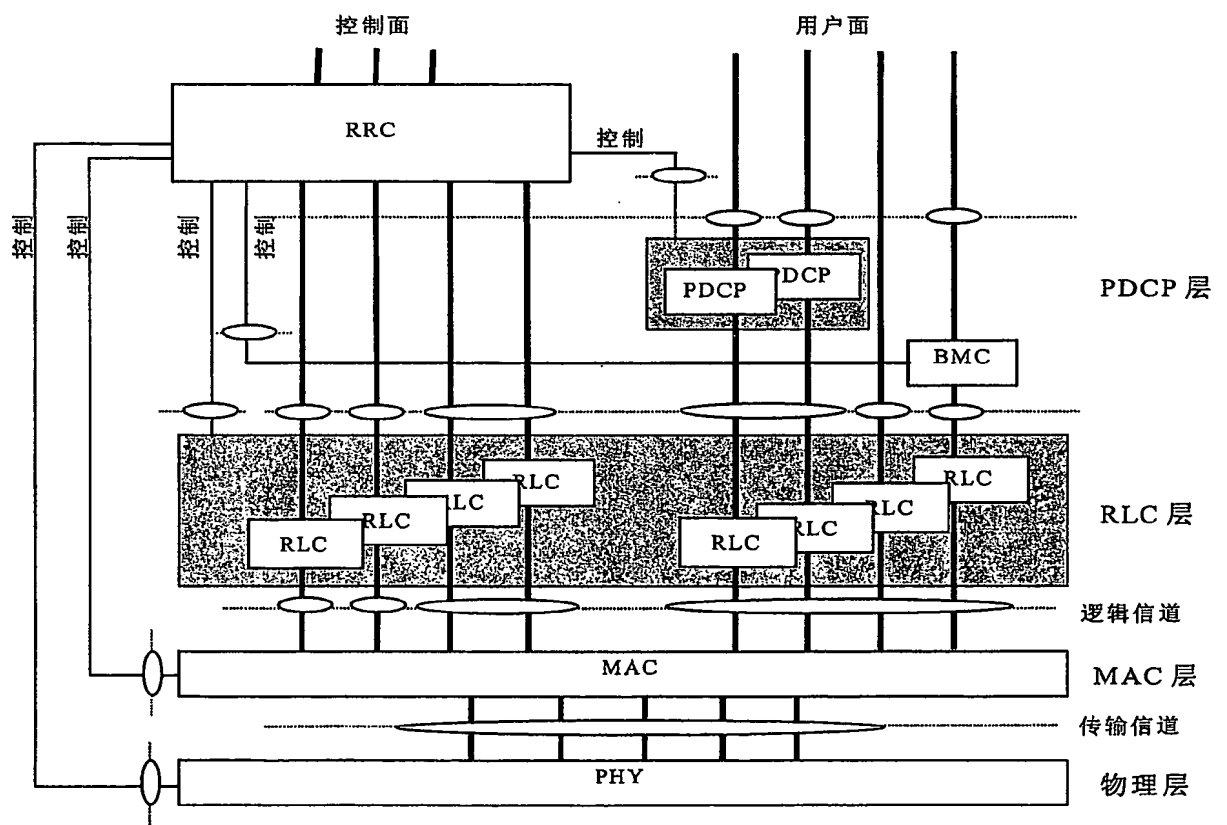


Fig. 3

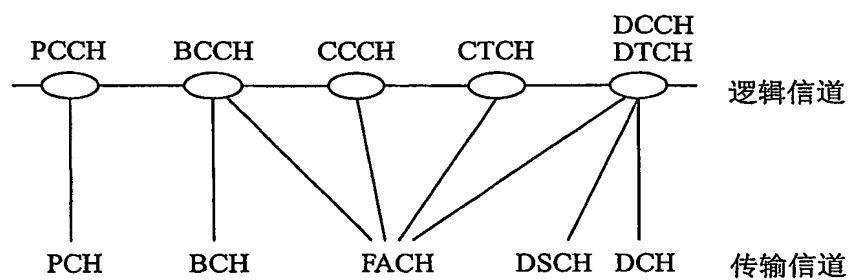


Fig. 4

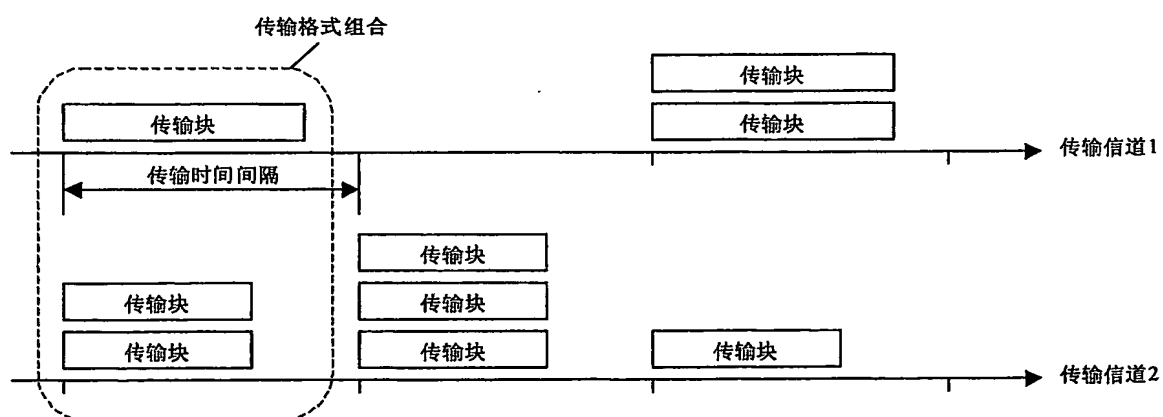


Fig. 5

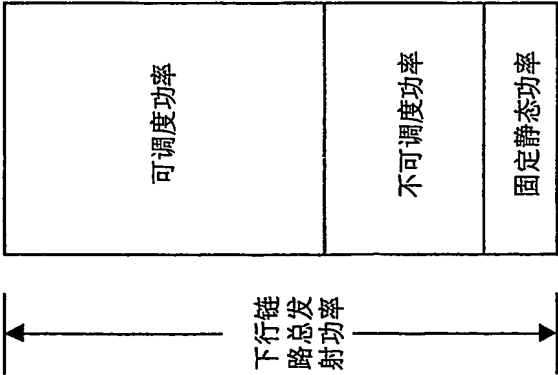


Fig. 7

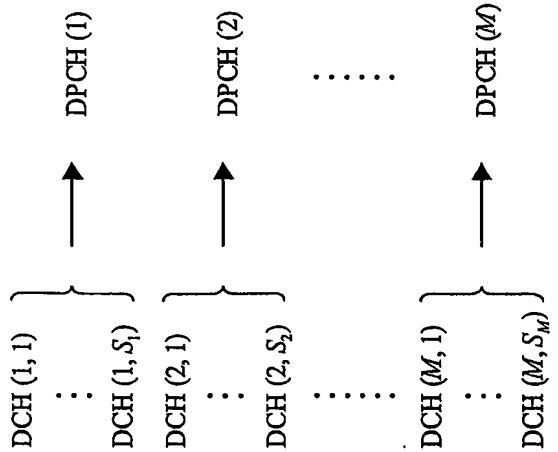


Fig. 6

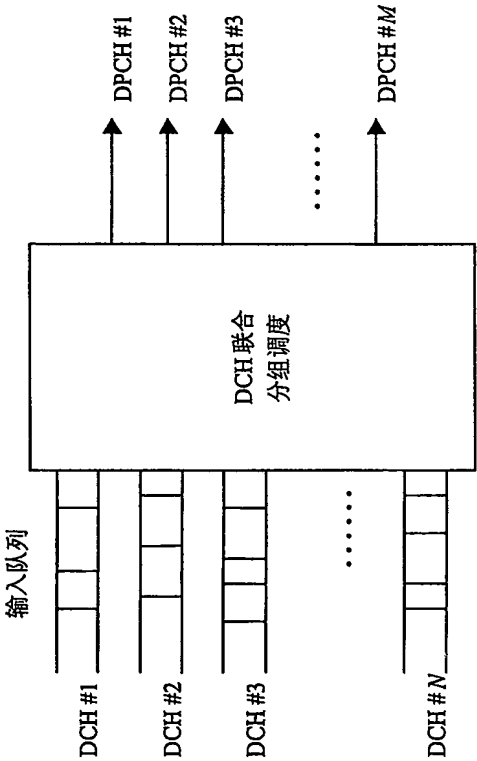
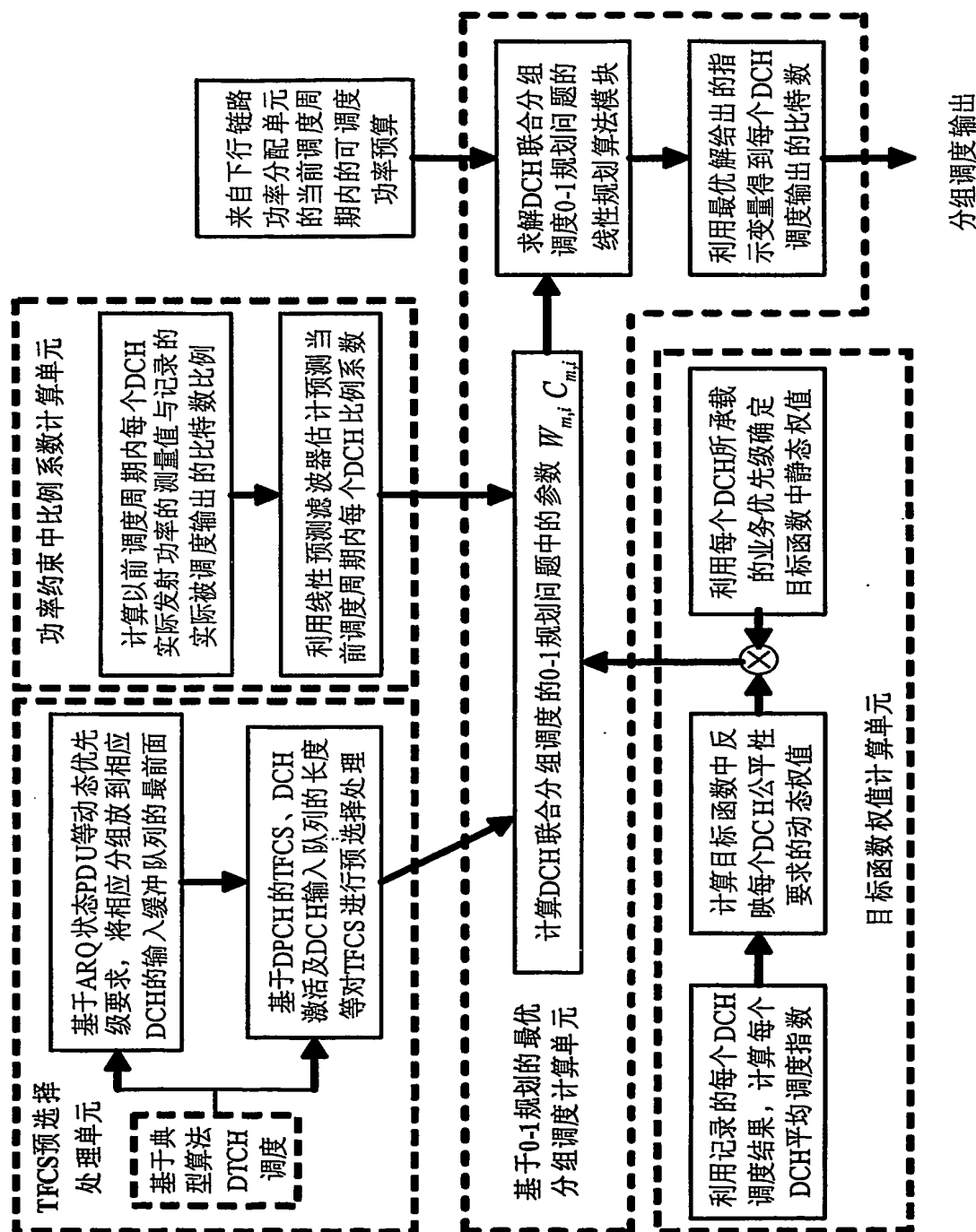


Fig.8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN03/00952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC⁷ H04Q7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC⁷ H04B7/005 ; H04B7/26 ; H04B17/02 ; H04Q0/00 ; H04Q7/00 ; H04Q7/04 ; H04Q7/20 ; H04Q7/22 ; H04Q7/28 ; H04Q7/34 ; H04Q7/36 ; H04Q7/38 ; H04Q3/00, 7/20 ; G06F12/06 ; H04L 12/56

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

CNPAT

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI PAJ EPODOC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP1257096 A2 (SIEMENS INFORMATION&COMMUNICATIONS NET) , 13.NOV 2002 (13.11.2002)	1-20
A	US2002082013A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) , 27 JUN 2002 (27.06.2002), see the whole document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

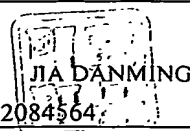
Date of the actual completion of the international search
24 DEC 2003 (24.12.2003)

Date of mailing of the international search report

29 · APR 2004 (29 · 04 · 2004)

Name and mailing address of the ISA/CN
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District,
100088 Beijing, China
Facsimile No. 86-10-62019451

Authorized officer



Telephone No. 86-10-62084564

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information patent family members

Search request No.

PCT/CN03/00952

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP1257096 A2	13.11.2002	BR200106258 A	20.08.2002
		CN1360444 A	24.07.2002
US2002082013 A1	27.06.2002	KR365598 B	26.12.2002
		WO0167641 A1	13.09.2001
		EP1177646 A1	06.02.2002
		KR2001088800 A	28.09.2001
		CN1364355 A	14.08.2002

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN03/00952

A. 主题的分类

IPC⁷ H04Q7/20

按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类体系和分类号)

IPC⁷ H04B7/005 ; H04B7/26 ; H04B17/02 ; H04Q0/00 ; H04Q7/00 ; H04Q7/04 ; H04Q7/20 ; H04Q7/22 ; H04Q7/28 ; H04Q7/34 ; H04Q7/36 ; H04Q7/38 ; H04Q3/00, 7/20 ; G06F12/06; H04L 12/56

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

中国专利数据库

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称和, 如果实际可行的, 使用的检索词)

WPI PAJ EPODOC

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求 编号
A	EP1257096 A2 (西门子信息通讯网络公司), 13.11月 2002 (13.11.2002), 全文	1-20
A	US2002082013A1 (三星电子株式会社), 27.6月 2002 (27.06.2002), 全文	1-20

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的专用类型:

"A" 明确叙述了被认为不是特别相关的一般现有技术的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在优先权范围内的申请或专利

"L" 可能引起对优先权要求的怀疑的文件, 为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申請日或优先权日之后公布的在后文件, 它与申请不相抵触, 但是引用它是为了解构成发明基础的理论或原理

"X" 特别相关的文件, 仅仅考虑该文件, 权利要求所记载的发明就不能认为是新颖的或不能认为是具有创造性

"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 权利要求记载的发明不具有创造性

"&" 同族专利成员的文件

国际检索实际完成的日期

24.12月 2003 (24.12.2003)

国际检索报告邮寄日期

29.4月 2004 (29.04.2004)

国际检索单位名称和邮寄地址

ISA/CN

中国北京市海淀区西土城路 6 号(100088)

传真号: 86-10-62019451

授权官员

贾丹明

电话号码: 86-10-62084564

国际检索报告
关于同族专利成员的情报

国际申请号
PCT/CN03/00952

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利成员	公布日期
EP1257096 A2	13.11.2002	BR200106258 A	20.08.2002
		CN1360444 A	24.07.2002
US2002082013 A1	27.06.2002	KR365598 B	26.12.2002
		WO0167641 A1	13.09.2001
		EP1177646 A1	06.02.2002
		KR2001088800 A	28.09.2001
		CN1364355 A	14.08.2002